

ディスポーザブルタイプの携帯用輸液ポンプの開発

Development of Portable Disposable Infusion Pump System

○ 中村 優祐, 小山浩幸, 米田隆志, 佐藤正行 (芝浦工業大学)

Yusuke NAKAMURA Hiroyuki KOYAMA Takashi KOMEDA Masayuki SATO, Shibaura Institute of Technology

Abstract: Commercial infusion pump is multiple functions. Why potentially serious medical errors happen frequently in hospital. This research offers infusion pump that operation performance is good for nurses. Operation performance is improved by integrating infusion pump with infusion solution bag. It has been developed disposable types to prevent communicable disease. We are developing pump to use diaphragm and cam mechanism and it is disposable types to prevent communicable disease.

Key Words: Infusion Pump, Disposable, Diaphragm, Portable

1. 研究背景

医療費の高騰や、病床が少なく確保するのが困難なため病院においては、早期退院することが以前にも増して求められるようになった。このため退院したにも関わらず重い症状であったり、在宅療養や訪問診療、訪問看護を必要とする患者が多くなった。上記の理由に加えて高齢化により病院に通院する事が困難な患者が在宅療養を必要とするケースも多くなってきた^[1]。

一般の住宅の場合、段差などが多く、輸液用スタンドを押しながらの移動は患者の体に負担をかける。輸液には重力により輸液製剤を落下させる自然落下式輸液や輸液ポンプを用いる方法などがある。精度を必要とする場合は輸液ポンプを用いる。輸液ポンプの代表例を挙げると、輸液ラインをフィンガー部で順番に押し出すことによって投与量を制御しているフィンガー型と、ローラを回転させることにより輸液ラインをしごくローラ型などがある。また、現在使用されている輸液ポンプは機能が複雑であり、輸液ポンプのヒヤリ・ハットの中で約 85[%]が看護師の操作・設定ミスによるものである。また、使用後の輸液ポンプは、臨床工学技士が手作業でアルコール消毒を行うためメンテナンスに時間がかかる。また、病院の耐用年数を超す医療機器の所持も問題である。

2. 研究目的

ヒヤリ・ハットと輸液スタンドの転倒による輸液ポンプの故障を減らし、操作が簡易で、携帯性に優れた輸液ポンプの開発を目的とする。ポンプは安全性の確保感染症防止とメンテナンスフリーにするためディスポーザブルとする。

3. システム構成

本研究のシステム構成を Fig.1 に示す。本システムは以下の 5 点から構成されている。

- 1)輸液バッグ
- 2)ポンプ
- 3)モータ
- 4)電源
- 5)センサ

アクチュエータとして、現在小型化の進んでいるモータを使用する。モータでポンプを動作させ輸液を体内に注入する。ポンプの吐出量はモータの回転数を制御することで調節する。安全性を向上させるため、閉塞検出圧力センサと気泡検出センサを取り付ける。

将来的に、ポンプ・輸液バッグ・センサ・制御部・モータ・電源を Fig.1 のようにまとめてベストに取り付け、それを患者が着用することによって、輸液スタンドを用いない輸液ポンプの持ち運びを可能とする。

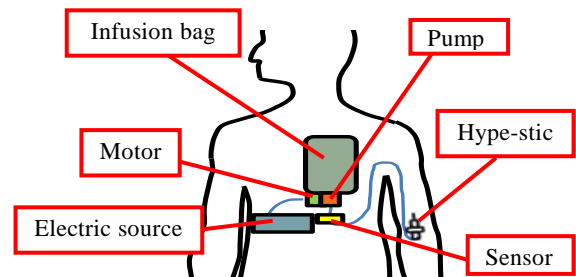


Fig. 1 System configuration

4. 要求条件

要求条件を Table 1 に示す。輸液ポンプの病院での使用状況を基に要求条件を決定した。現在主に使用されているのはフィンガー型であり、注入速度範囲は 1~500[mL/h]、精度は±10[%]である。また、病院では吐出量を 100[mL/h]程度で使用されることが多い。よって、吐出量は病院使用量の 2 倍の 200[mL/h]以上、精度は±10[%]以内とする。

Table 1 Demand condition

吐出量[mL/h]	200 以上
流量精度[%]	±10 以内

5. ダイアフラムポンプの製作

5-1 製作目的

負荷の影響を受けにくく、吐出量が安定しているダイアフラムタイプによるポンプを製作した。ダイアフラムポンプは吸込口、吐出口にチェックバルブを取付けなければ送液できないため、小型、低差圧での送液、設置向きによる逆流防止への影響、金属部品の有無を考慮し、マイクロチェックバルブを用いている。送液の際のダイアフラムの影響や機構の違いによる吐出量の違いを調べるために 2 種類のダイアフラムポンプを製作した。

5-2 ダイアフラムポンプ[1]

ダイアフラムポンプ[1]を Fig.2 に、動作原理を Fig.3 に示す。ダイアフラムポンプ[1]のカムは対称型である。そのため、モータ 1 回転当たりダイアフラムを 2 回押し込むことが可能となっている。ダイアフラム部には、厚さ 0.5[mm]のニトリルゴムを用いている。動作原理は、モータの回転軸に取り付けたカムにより直接ダイアフラムを押し込み、ポンプに容積変化を与えるものとなっている。



Fig. 2 Diaphragm pump [1]

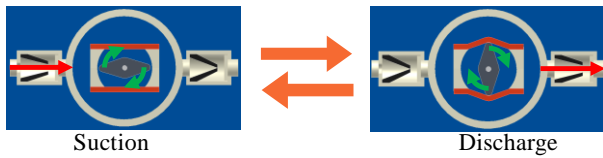


Fig. 3 Behavior pattern of diaphragm pump [1]

5-3 ダイアフラムポンプ [2]

ダイアフラムポンプ [2] を Fig. 4 に、押込部分を Fig. 5、動作原理を Fig. 6 に示す。モータに取り付けられたカムが回転する事で押込部が押しされ、間接的にダイアフラムを押し込む事で容積変化を起こす。押込部はダイアフラムの復元力により元の位置に戻る。これらの動作を繰り返すことにより送液を可能とする。モータ 1 回転当たりの押し込み回数は 1 回となっている。これは、押込部が完全に元の位置に戻る前に、再び押し込みが始まるのを防ぐためである。また、ダイアフラム部には、厚さ 0.03 [mm] のウレタンゴムを用いている。

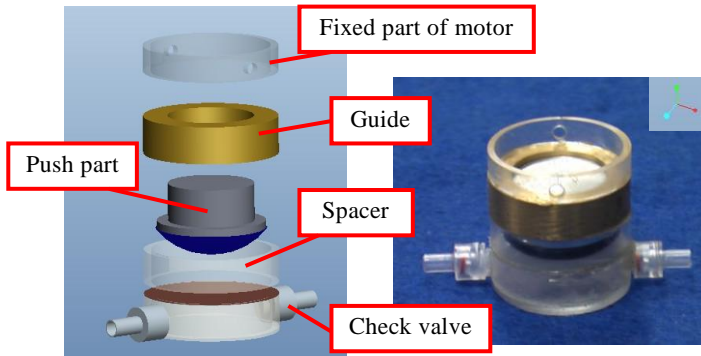


Fig. 4 Diaphragm pump [2]

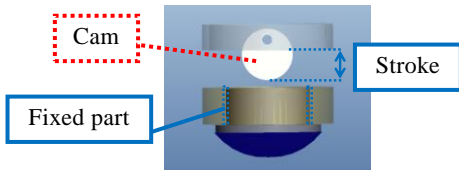


Fig. 5 Push part

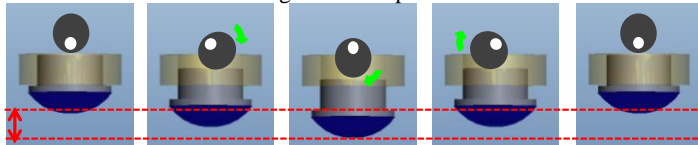


Fig. 6 Behavior pattern of diaphragm pump [2]

5-4 ダイアフラムポンプの外形比較

ダイアフラムポンプ [1], [2] の寸法・重量を Table 2 に示す。ポンプ本体のみでは、外形寸法に差は見られないが、モータと組み合わせ、ポンプが動作可能な状態のものではダイアフラムポンプ [2] が寸法・重量共に優れている。

Table 2 Pump dimension & weight

	長さ [mm]	幅 [mm]	高さ [mm]	重量 [g]
ポンプ [1]	56.33	18	13	
ポンプ [2]	34.22	18	19	
ポンプ [1] モータ有	108	24	35.14	170
ポンプ [2] モータ有	63	20.24	29.38	60.04

6. 流量測定実験

6-1 実験条件

製作したダイアフラムポンプの流量測定のために、実験を行う。実験装置を Fig. 7 に示す。この実験装置は人工血管に電源の ON/OFF 装置を取り付けた循環ポンプにより、血液と同粘度のグリセリン溶液を送液し、血管内の血流・拍動を再現している。

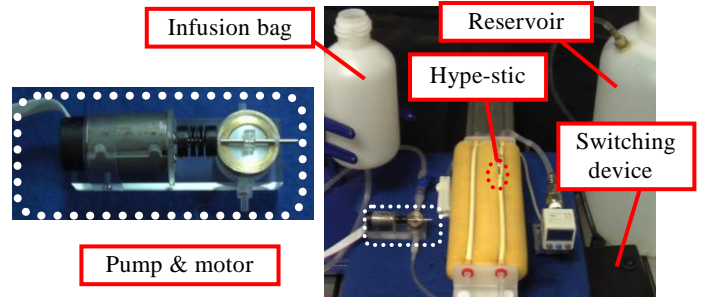


Fig. 7 Experiment device

6-2 実験方法・実験結果

モータ回転数が 40, 50, 60, 70 [rpm] のときの 60 [min] の流量を 3 回ずつ計測する。実験結果を Table 3, Table 4 に示し、平均値をグラフ化したものを Fig. 8 に示す。

Table 3 Experimental result of pump [1]

	40 [rpm]	50 [rpm]	60 [rpm]	70 [rpm]
1 回目 [mL]	175.26	204.91	207.77	237
2 回目 [mL]	161.5	193.96	214.27	251.75
3 回目 [mL]	163.46	197.27	209.23	237.18

Table 4 Experimental result of pump [2]

	40 [rpm]	50 [rpm]	60 [rpm]	70 [rpm]
1 回目 [mL]	144.62	173.37	244.95	282.87
2 回目 [mL]	113.94	158.29	247.46	291.1
3 回目 [mL]	138.5	148.23	226.65	288

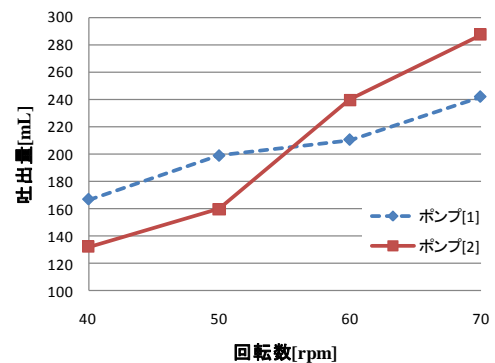


Fig. 8 Experimental result

6-3 考察

どちらのダイアフラムポンプも 60 [rpm] 以上であれば、要求条件である 200 [mL/h] を満たした。しかし、40 [rpm], 50 [rpm] の際にダイアフラムポンプ [2] の流量が安定せず、線形性が取れていない。その原因として、本来、高回転数域で用いられるモータを低回転数域で動作させているためにモータの動作が安定せず、それにより押し込みに必要なトルクが出せなかったためと考える。また、実験後ポンプ [1] のダイアフラム部は表面が変形し、摩耗していたが、ポンプ [2] のダイアフラム部は変化が見られなかった。

7. おわりに

寸法・重量や機構による押し込み回数の違い、実験の結果などから、今後はダイアフラムポンプ [2] の機構を用いたポンプの開発を進めていく。輸液ポンプはヒトに対し用いるため、線形性の良さを重視する。今後は、吐出量を安定させ線形性の良い吐出量を獲得するためにモータを選定しなおし、ポンプの再設計を行う。

参考文献

- (1) 鈴木玲子, 常盤文枝, 最新輸液管理